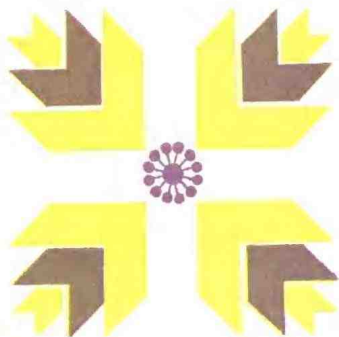


【第二版】医学微生物学教材

医学微生物学

主编 宋家兴 戴诗梅 张贵琛

YIXUEWEISHENGWUXUE



上海科学技术出版社

6415/22

高等医学院校协编教材

医学微生物学

主 编 宋家兴 衡阳医学院

戴诗梅 昆明医学院

张贵森 湖北医学院

编 委 (按姓氏笔划为序)

刘晓辉 泸州医学院

李剑青 广州医学院

吴中明 遵义医学院

徐友梅 河南医科大学

徐惠芳 衡阳医学院

上海科学技术出版社



B.576.56

高等医学院校协编教材

医学微生物学

主编 宋家兴

上海科学技术出版社出版,发行

(上海瑞金二路450号)

祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 465,000

1991年2月第1版 1991年2月第1次印刷

印数 1—11,100

ISBN 7-5323-2101-0/R·592

定价: 6.70 元

前 言

本教材是根据全国十二所高等医学院校的共同需要，即编写一套完整的高等医学院校的教材，以适应当前教学改革的实际需要，并提高教学质量的目的而编写的。

编者参考了国内外多种《医学微生物学》教材，查阅了有关专业资料，并结合自己多年来在教学和科研方面的经验进行编写，经编委们两次深入地讨论、修改后定稿。

本教材的使用者是医学院校五年制医疗系的学生。理论的覆盖面主要是根据他们今后在临床实践方面的实际需要而选定的，并尽可能将一些新的进展和概念纳入教材之中。

为了有利于同学自学，在本教材编写和修改的过程中，力求作到概念明确，层次清晰，文字流畅，并符合逻辑推理的原则。

本教材共分四篇，即细菌篇、其他原核微生物篇、病毒篇和真菌篇。各篇均有总论(或概述)和各论。在各论中，尽可能按生物学分类的方法进行分章，从而使同学们在学习时能联系其共同的属性，尽可能避免其他形式分章的方法。根据医学实践发展的需要，我们增写了正常菌群、抗细菌感染免疫、无芽胞厌氧杆菌、细菌感染的微生物学检查法和特异防治以及逆转录病毒等章节。

由于编者们的水平有限，时间匆促，书中难免有欠妥之处，衷心希望使用本教材的广大师生提出批评和改进意见。

编 者
1980年8月

目 录

绪言	1
----------	---

第一篇 细 菌 学

第一章 细菌的形态和结构	7	第十章 链球菌属	76
第一节 细菌的形态与大小	7	第一节 链球菌	76
第二节 细菌细胞的基本结构	8	第二节 肺炎球菌	81
第三节 细菌的特殊结构	14	第十一章 奈瑟菌属	83
第四节 细菌形态的检查法	17	第一节 脑膜炎球菌	83
第二章 细菌的生理	20	第二节 淋球菌	86
第一节 细菌的营养	20	第十二章 肠道杆菌概述	89
第二节 细菌的新陈代谢	22	第十三章 埃希菌属	93
第三节 医学上重要的细菌代谢产物	25	第十四章 沙门菌属	97
第四节 细菌的生长繁殖	27	第十五章 志贺菌属	103
第五节 细菌的人工培养	29	第十六章 耶尔森菌属	106
第三章 消毒和灭菌	31	第一节 鼠疫耶尔森菌	106
第四章 噬菌体与细菌素	36	第二节 小肠结肠炎耶尔森菌	108
第一节 噬菌体	36	第十七章 其他肠道杆菌	110
第二节 细菌素	39	第一节 变形杆菌属	110
第五章 细菌的遗传与变异	41	第二节 克雷伯菌属	111
第一节 细菌变异的现象	41	第三节 沙雷菌属	112
第二节 细菌的遗传物质	42	第十八章 弧菌属与弯曲菌属	113
第三节 遗传型变异发生的机理	44	第一节 弧菌属	113
第四节 细菌变异的实际意义	53	第二节 弯曲菌属	117
第六章 人体的正常菌群	55	第十九章 嗜血杆菌属及鲍特菌属	120
第一节 正常菌群	55	第一节 嗜血杆菌属	120
第二节 菌群失调和条件致病菌	57	第二节 鲍特菌属	121
第七章 细菌的致病性及传染的发生、发展与结局	58	第二十章 布鲁菌属	123
第一节 细菌的致病性	58	第二十一章 棒状杆菌属	126
第二节 传染的发生、发展与结局	64	第二十二章 分枝杆菌属	132
第八章 抗细菌感染的免疫	66	第一节 结核分枝杆菌	132
第一节 非特异性免疫	66	第二节 非典型分枝杆菌	136
第二节 特异性免疫	67	第三节 麻风分枝杆菌	137
第九章 葡萄球菌属	70	第二十三章 需氧芽胞杆菌属	140

目 录

第一节 炭疽杆菌	140	第二节 革兰阳性厌氧无芽胞杆菌	167
第二节 其他需氧芽胞杆菌	142	第二十七章 其他与医学有关的细菌	169
第二十四章 厌氧菌概述	143	第一节 军团菌属	169
第二十五章 梭状芽胞杆菌属	147	第二节 假单胞菌属	162
第一节 破伤风杆菌	147	第三节 气单胞菌属	163
第二节 产气荚膜杆菌	149	第四节 奴卡菌	164
第三节 肉毒杆菌	151	第二十八章 细菌性感染的微生物学检查与特异性预防	165
第四节 艰难杆菌	153	第一节 微生物学检查	165
第二十六章 无芽胞厌氧杆菌	154	第二节 特异性防治	168
第一节 类杆菌属	154		

第二篇 其他原核微生物

第二十九章 支原体	171	第三十二章 病原性螺旋体	186
第三十章 立克次体属	175	第一节 钩端螺旋体	186
第一节 概述	175	第二节 梅毒螺旋体	189
第二节 引起人类感染的主要立克次体	177	第三节 回归热螺旋体	192
第三十一章 衣原体	182	第四节 伯氏螺旋体	193

第三篇 病毒学

第三十三章 病毒的基本性状	195	第三十七章 微小 RNA 病毒科	236
第一节 病毒的形态、结构和化学组成	195	第一节 肠道病毒属	236
第二节 病毒的增殖	199	第二节 鼻病毒	241
第三节 病毒的血凝现象与干扰现象	204	第三十八章 披膜病毒科	243
第四节 病毒对理化因素的抵抗力	206	第一节 流行性乙型脑炎病毒	244
第五节 病毒的遗传与变异	207	第二节 森林脑炎病毒	246
第六节 病毒的分类与命名	210	第三节 登革病毒	247
第三十四章 病毒的致病性和机体抗病毒的免疫性	212	第四节 风疹病毒	249
第一节 病毒的致病性	212	第三十九章 本雅病毒科	251
第二节 机体抗病毒的免疫性	220	第一节 流行性出血热病毒	251
第三十五章 病毒性感染的微生物学检查	226	第二节 新疆出血热病毒	253
查	226	第四十章 弹状病毒属——狂犬病病毒	254
第一节 病毒分离及其组分的检测	226	第四十一章 正粘病毒科	257
第二节 用已知的抗原检测特异性的抗体	230	第四十二章 副粘病毒科	262
第三十六章 病毒性疾病的特异预防和药物治疗	232	第一节 麻疹病毒	262
第一节 病毒性疾病的特异预防	232	第二节 副流感病毒	264
第二节 抗病毒药物	233	第三节 流行性腮腺炎病毒	265
		第四节 呼吸道合胞病毒	268

目 录

第四十三章 呼肠病毒科	267	第三节 水痘-带状疱疹病毒	280
第一节 轮状病毒属	267	第四节 EB病毒	281
第二节 呼肠病毒属	269	第四十七章 痘病毒	284
第四十四章 逆转录病毒	270	第四十八章 肝炎病毒	286
第四十五章 腺病毒	273	第一节 甲型肝炎病毒	286
第四十六章 疱疹病毒	276	第二节 乙型肝炎病毒	288
第一节 单纯疱疹病毒	277	第三节 非甲非乙型肝炎病毒	293
第二节 巨细胞病毒	279	第四节 丁型肝炎病毒	293

第四篇 真菌学

第四十九章 真菌概述	295	第四节 真菌毒素	306
第五十章 主要病原性真菌	300	主要参考文献	308
第一节 皮肤丝状菌	300	附录I 微生物的科、属、种、型、株的概念	
第二节 皮下组织感染真菌及深部感染真菌	301	和双命名法	309
第三节 条件性致病真菌	303	附录II 医学微生物学常用名词缩写	310

绪 言

微生物(microorganism)是存在于自然界中的一群体形细小、结构简单、必需借助于光学显微镜放大几百倍,有的体形甚至更小、必需借助电子显微镜放大几万倍才能见到的微小生物。

微生物虽然个体微小,但都具有一般生物所有的增殖、遗传、变异等生命特征。

微生物的种类繁多,至少在十万种以上。按其结构、组成等的差异,可分成以下三大类:

(1) 真核细胞型微生物 细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁和染色体。细胞内有完整的细胞器,有细胞壁。真菌是真核型的微生物。

(2) 原核细胞型微生物 仅有原始核,无核仁和核膜,缺乏完整的细胞器。这类微生物包括细菌、支原体、螺旋体、立克次体和衣原体。

(3) 非细胞型微生物 体积微小,能通过滤菌器,只能在一定类型的活细胞内增殖,病毒属之。

一、微生物在自然界中的作用

微生物参与自然界的元素循环(如 N、S、O、P、C 及 H 的循环),可将复杂的有机物通过腐化,分解为简单的物质。例如蛋白质,经过分解之后,最后形成氨。氨经硝化菌的作用,形成硝酸盐,可以被植物吸收。许多细菌如固氮菌、厌氧梭状芽胞杆菌、需氧芽胞杆菌等,还可直接固定空气中的氮,将其转变成氨供植物吸收,这就是自然界中氮元素的循环。这一循环对大自然的净化是必不可少的。

二、微生物与人类的关系

在农业方面,我国目前广泛应用 5406 放线菌、固氮菌等,它们具有抗病、促进植物生长和提高肥效的作用。还可利用微生物灭虫,例如利用苏芸金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*) 能在一些害虫的肠道内生长繁殖,分泌毒素而杀死害虫。又如应用白僵菌、青虫菌、杀螟杆菌等杀灭大豆食心虫、菜青虫、稻螟虫等。由于这些微生物杀虫剂对人、畜、农作物无害,也不残留毒性,已被人们称为“无公害农药”,在生物防治中已成为一个重要的研究领域。

在工业方面,微生物也发挥着重要的作用。例如在石油脱腊方面,石油经脱腊后可变成低凝的产品,供工业和国防的急需。在味精生产方面,可用微生物发酵法代替盐酸水解法,提供低成本的味精。还可以利用微生物处理含酚、有机磷及印染废水,使之无害化。

抗生素的生产也是工业微生物学方面的一个重要内容。目前我国所生产的各种抗生素在质量、品种和数量方面都已经满足了国内的需要。

在医学方面,微生物学已发展成一门专门的学科——医学微生物学 (medical microbiology),它的主要研究对象是各种病原微生物,但也涉及条件致病性微生物和正常微生物丛。它研究的内容包括总论和各论。总论研究某一类微生物的共性,如形态、生理、杀

灭措施、遗传变异及致病性等；而各论则研究各种病原微生物的个性、主要生物学性质、致病因素和机理、所致疾病、机体的免疫反应性、微生物检查法、特异防治以及抗微生物药物治疗中可能出现的问题，如菌群失调症和微生物的耐药性等。

医学微生物学与某些基础学科，如生物化学、病理学、病理生理学、药理学密切相关，而且是传染病学及其他临床学科的基础。

三、医学微生物学的发展简史

生产发展的需要是推动一门科学发展的始动力。在此发展的过程中，科学家在技术或者理论方面的突破，对此发展过程起促进作用。医学微生物的发展过程也是如此。

(一) 十六世纪以前 对于传染病的生物病因的认识，早在公元二世纪，即有人认识了麻风病具有传染性，以后关于传染病是由一种看不见的生物所引起的推论，经常见诸各种论著。例如十一世纪，北宋末年的刘真人提出肺癆由虫引起之说。意大利学者 Fracastoro (1483~1553) 认为传染病可通过直接、间接接触或空气传播。这些都是人们通过对传染病流行规律的观察而作出的客观的判断。

(二) 微生物的发现 任何一种科学的发明创造，都不可能是孤立的。显微镜的发明是在磨片技术趋于完善、光学原理的阐明以及伽利略发明望远镜之后。荷兰布商雷文虎克 (Antony van Leeuwenhoek 1632~1723) 为了研究布、绸纤维的质量，自制了一台能放大 270 倍的显微镜。他在研究纤维之余，也观察了井水、牙垢以及人和动物的粪便，发现了球形、杆形和螺旋形的微生物，以及丝状和球形的真菌，他也看见了能运动的微小生物。雷文虎克的发现，为微生物学建立在更科学的基础之上，无疑起到了关键性的作用。

(三) 医学微生物学在理论和技术方面进一步的发展 十九世纪欧洲酿酒业出现了酒变质的问题。法国的科学家巴斯德 (Louis Pasteur 1822~1895) 对这一问题进行了研究，他发现发酵是微生物生理活动的结果。不同的微生物经过发酵过程之后，其主要的终末产物是不相同的。酒变质的原因是由于在“期望”发酵过程之外，出现了由于杂菌所产生“继发性”的发酵过程。巴斯德建议将作酒的原液用 63°C 的湿热加温处理 1 小时杀死杂菌，再接种发酵母液，解决了酒变质的问题。这样，巴斯德将微生物学从形态学阶段推向生理学阶段。巴斯德还在以下几方面对微生物学作出了巨大的贡献。

(1) 用有说服力的实验，彻底地否定了生物自然发生的谬论。

(2) 推进了人工自动免疫的原则(有关这一方面的陈述，将在免疫学的兴起和发展中涉及)。

在技术和理论方面对医学微生物学作出突出贡献的另一位科学家是德国的内科医生科赫 (Robert Koch 1843~1910)，他继承和发扬了细菌染色技术，进行了炭疽杆菌的实验动物感染的研究，并且创立了在固体培养基上对细菌进行分纯的技术。有了这一技术，人们才有可能将细菌分离成为纯培养，并进行深入的研究。他在进行炭疽杆菌的实验动物研究之后，提出了断定引起某种疾病的病原微生物的三原则，即(1)必需有规律地，从可疑的病例中分离出同一种微生物；(2)此微生物在体外能分纯成为纯培养，并能传代；(3)将此纯培养接种于易感动物，应能产生典型的疾病，并能从此动物中重新分离出同样的病原微生物。

虽然科赫的断菌三原则忽视了动物的免疫反应性，也未考虑到某些病原微生物缺乏适当的易感动物，但这些原则在当时确定病原微生物与所致疾病的关系方面，确实起到了重要

的作用。

科赫还发现了炭疽杆菌(1877)、结核杆菌(1882)和霍乱弧菌(1883)。在他的帮助下,世界各地的细菌学家相继发现了许多人类和畜禽的病原细菌,如白喉杆菌(Klebs, 1883, Loeffler, 1884)、肺炎球菌(Frankel 1886)、脑膜炎球菌(Welchsellbaum 1887)、破伤风杆菌(Kitasato 1889)、鼠疫杆菌(Kitasato与Yersin 1894)等,从而进入细菌学发展史中的黄金时代。

(四) 病毒的发现 1892年俄国学者伊凡诺夫斯基(Ивановский Д.И. 1864~1920)发现感染烟草花叶病的烟叶汁通过滤菌器后仍保留其感染性。1898年贝杰林克(Beijerinck M. W. 1851~1931)证实了这一发现,并指出该病是由一类与细菌不同的病原体所致,这是认识病毒的开始。Twort于1915年、d'Herelle于1917年分别发现了细菌的病毒——噬菌体。

1935年Stanley首次得到烟草花叶病病毒的结晶。随后,Bawden等证实结晶为核蛋白,它与其他生物一样,具有繁殖能力,并有传染性、遗传性和变异性。以后又相继发现许多对人和动植物致病的病毒。

(五) 免疫学的兴起和发展 免疫的兴起由来已久。人们熟知在患过某一种传染病后,不再患该种疾病。我国的劳动人民在宋真宗年代(998~1022年)即有用人痘预防天花的记载。到明朝隆庆年间(1567~1572年)用“神苗”——即天花痂皮制品,以预防天花的措施在民间广为采用,这一影响扩散到全世界。十八世纪英国的医生琴纳(Edward Jenner 1749~1823)受此影响的启发,发现在天花流行期间,感染过牛痘的挤牛奶妇女,不患天花。琴纳还有意识地通过接种牛痘苗而证实了牛痘苗对于天花的交叉免疫性。半个世纪以后,巴斯德在一次偶然的机会中,发现了鸡霍乱菌的减毒变异株,并证实该变异株对鸡无致病性,但有免疫原性。因此,巴斯德完善了整个人工自动免疫的设想,以后他在动物炭疽病和人类的狂犬病中进一步证实了人工自动免疫的可行性。

到现在为止,已有多种疫苗、菌苗、类毒素应用于传染病的预防。近年来免疫学的范围有所扩大,涉及到机体对移植、肿瘤、胚胎的排异反应以及自身免疫病等。

(六) 化学治疗剂的探索和抗生素的发现 在我国古代的医学书籍中,有用黄连和大蒜治疗疾病的记载。首先合成化学治疗剂的是欧立希,他经过无数次的试验,合成了治疗梅毒的肿凡纳明(salvarsan 即606),后又合成新肿凡纳明(neo-salvarsan 即914)。1935年,德国医生杜马克(G. Domagk)首先发现百浪多息(prontosil)可以治疗病原性球菌的感染,以后先后研制成功一系列磺胺类药物,并广泛将其应用于治疗。

1929年,英国细菌学家弗来明(Fleming 1881~1955)发现在种有葡萄球菌平板上的污染真菌——青霉菌具有拮抗葡萄球菌的作用。经过实验,发现青霉菌的培养滤液虽经一定稀释,但仍能抑制或杀死许多病原菌。弗来明的发现开辟了抗生素的新纪元。此后许多抗生素分别从真菌、链丝菌、细菌的产物中被发现,为真菌病、细菌病、立克次体病以及支原体和衣原体等病原微生物所致疾病的治疗提供了有效的化学治疗剂。

四、现代医学微生物学的进展

医学微生物学从十九世纪末蓬勃兴起至今经历了一个多世纪。在此期间,绝大部分病原微生物均已被发现。人类第一次通过人工自动免疫的原理消灭了一种烈性传染病——天

花,并且对另一些传染病,如脊髓灰质炎、麻疹、黄热病、流行性乙型脑炎、白喉等传染病进行了有效的控制。在城市中,由于饮用水的消毒,使胃肠道传染病的发病率大幅度地下降,使人类摆脱了常见传染病的威胁。近十几年以来,医学微生物学还在以下几方面取得进展。

(一) 新的病原微生物的发现 在最近十多年来,一些新的病原微生物相继被发现,例如军团菌和结肠炎耶尔森菌;在大肠杆菌中,除原来的致病性大肠杆菌外,还发现有产肠毒素的大肠杆菌,侵袭性大肠杆菌和出血性大肠杆菌;人们在分离培养需氧菌和兼性厌氧菌的同时,逐渐认识到无芽胞的专性厌氧菌的存在和重要性;在逆转录病毒方面,科学家们发现了致获得性免疫缺陷综合征(AIDS,爱滋病)的病原——人类免疫缺陷病毒(HIV)以及第一种致人类恶性肿瘤的病毒,即致成人白血病病毒,又称第I型人类的嗜T淋巴细胞病毒(HTLV-1)。甲型肝炎和肾综合征出血热作为一种病毒性病原的疾病已被认识多年,但由于这两种病毒在细胞培养中不出现明显可见的细胞病变,因此有关这些病毒的生物化学性质长期以来欠明了,只是在免疫荧光技术等被应用之后,才有可能在实验室里准确检出这些病毒,现在这些病毒的疫苗正在研制或试用阶段。

(二) 医学微生物学向分子生物学的方向发展 近十几年来,科学家已经掌握了高分子生物化学和遗传学的理论,将医学微生物学推向新的时代——即分子生物学时代。他们打破了生物分类之间的界限,能任意将某种生物的基因(或称目的基因)通过与载体相结合,插入到另一种生物细胞的基因组中,从而使目的基因在另一种生物的细胞中得到有效的表达,此即基因工程,这一技术已经在多方面获得突破性的进展。例如科学家已能将动物激素的基因——生长激素释放抑制因子(somatostatin)的基因转移到大肠杆菌中表达,使原来需要50万头羊只能提取5毫克的激素,现在只用10升发酵液即可获得,且不含异种蛋白。

其他与医学有关的基因工程,如人类胰岛素基因在大肠杆菌中的表达、人类干扰素的基因在酵母中的表达等,都获得成功。值得提出的是乙型肝炎病毒表面抗原(HBsAg)基因工程疫苗的研制,目前尚无可靠方法在体外培养乙肝病毒,因此也无法在体外大量生产HBsAg。虽然可以从无症状的乙肝病毒携带者的血液的分出HBsAg(血源性的HBsAg),但来源究竟有限,不能满足需要。现在可将HBsAg的基因通过与载体相结合,使之插入活酵母菌的DNA中,从而利用酵母菌的繁殖,表达HBsAg(此即酵母源性HBsAg)。现已证实,酵母源性的HBsAg与血源性的HBsAg在免疫原性方面是一致的。

(三) 某些病毒疫苗的净化 过去对于嗜神经病毒的培养,仅限于在动物的脑内进行。例如人用的狂犬疫苗,是用狂犬病毒接种于羊脑面制备的,收获之后,羊脑组织不可能完全被清除,用此疫苗注入人体后,可以产生脱髓鞘性的变态反应性的脑炎,发病率为1/1000~1/10000。这种情况造成了人们对于注射狂犬疫苗而产生的恐惧感。近几年来,由于细胞培养技术的改进,生物制品专业工作者研究用人源性的无致癌作用的二倍体细胞,作为培养病毒的细胞,培养液用人体的白蛋白代替动物血清作为蛋白质添加剂,制备了除疫苗抗原外,不含异蛋白的疫苗,根除了因疫苗注射而产生的变态反应性。

虽然人类在控制和消灭传染病方面取得了一定的成绩,但差距仍然很大,例如对新发现的传染病——爱滋病仍缺乏有效的防治措施。此病为何会在二十世纪80年代如此广泛地流行?其传染源究竟来自何处?对于乙肝虽已摸清了其传播途径,也制备了基因工程疫苗,但距有效地控制,进而降低发病率,似乎仍处在摸索的起点。对于某些传染病,如流行性出血热,仍缺少有效的疫苗。抗病毒化疗剂的品种和有效性还远远不能满足需要,一些诊断试

剂尚未达到标化,且不能作为一种相对廉价的商品推广到基层。

总之,科学家们必需在基础理论,如生物化学、遗传学、细胞生物学、分子生物学等方面继续研究,配合免疫学、临床医学为进一步控制和消灭传染病而努力。

(衡阳医学院 宋家兴)

第一篇 细菌学

第一章 细菌的形态和结构

细菌(bacterium)是一类具有细胞壁的单细胞原核微生物。各种细菌在适宜条件下,有其相对恒定的形态与结构。了解细菌形态结构的特点,不仅有助于细菌的鉴别,而且与其生理功能、致病性及免疫性密切相关。

第一节 细菌的形态与大小

一、细菌的大小

细菌个体微小,必须用显微镜才能看到。通常以微米(micrometer, μm)作为细菌大小的测量单位。1微米等于千分之一毫米。常见球菌的平均直径约 $1.0\mu\text{m}$; 杆菌长约 $2\sim 3\mu\text{m}$,宽约 $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 。

二、细菌的基本形态

细菌根据外形可分为三类:球菌、杆菌、螺形菌(图 1-1)。

(一) 球菌(coccus) 形似球状,但不均为正圆形,有的略长呈矛头状,有的略扁呈肾形或豆状。按其分裂的平面和排列方式,可分为双球菌、链球菌、四联球菌、八叠球菌和葡萄球菌。

1. 双球菌 细菌在一个平面上分裂,分裂后两个细菌成对排列,如肺炎双球菌。

2. 链球菌 细菌在一个平面上分裂,分裂后多个菌体相连成链状。

3. 四联球菌 细菌在两个互相垂直的平面上分裂,分裂后四个菌体排列在一起呈正方形,为四联球菌。

4. 八叠球菌 细菌在三个互相垂直的平面上分裂,分裂后八个菌体排在一起呈立方形,为八叠球菌。

5. 葡萄球菌 细菌在多个不规则的平面上分裂,分裂后排列成葡萄串状,称葡萄球菌。



图 1-1 细菌的基本形态

(二) 杆菌 (bacillus) 杆菌的形态基本呈杆状, 有的细长, 有的粗短。杆菌的两端形状在鉴定上有一定意义。大多数杆菌两端钝圆, 如大肠杆菌; 有的两端平齐, 如炭疽杆菌; 有的末端膨大似棒状, 如白喉杆菌。杆菌大多分散排列, 也有分裂后排列成链杆状, 如炭疽杆菌。

(三) 螺形菌 (spirillar bacteria) 菌体弯曲, 可分为两类:

1. 弧菌 (vibrio) 菌体只有一个弯曲, 呈弧形或逗点状, 如霍乱弧菌。
2. 螺菌 (spirillum) 菌体较为坚硬, 有多个弯曲, 如鼠咬热螺菌。

细菌在适宜的环境下有相对稳定的形态。环境改变, 如培养基成分改变、化学药品作用等均可产生不规则的形态, 且可出现细胞壁的缺陷与多形性。

第二节 细菌细胞的基本结构

细菌细胞的基本结构, 包括细胞壁、细胞膜、细胞浆及核质(图 1-2)。

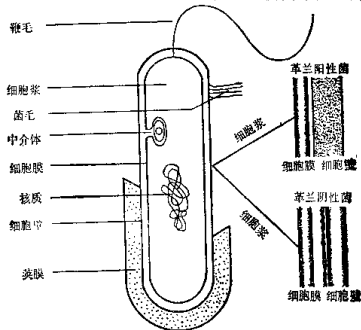


图 1-2 细菌细胞结构模式图

一、细胞壁

细胞壁 (cell wall) 是细菌细胞最外层比较坚韧且有高度弹性的结构。一般光学显微镜下不易看到, 需要通过膜、壁分离法、超薄切片法、特殊染色法、电镜检查法才能证实细胞壁的存在。

细胞壁的功能 细胞壁的主要功能: (1) 维持菌体固有外形, 保护细菌抵抗低渗, 起屏障作用。例如杆菌之所以能维持杆状形态, 是靠细胞壁的作用, 若以溶菌酶除去细胞壁, 则细菌的原生质体成为球形。又如细菌内部渗透压很高 ($0.507 \sim 2.535 \text{ MPa}$), 若无坚韧细胞壁的保护, 在渗透压较低的环境中容易破裂。(2) 细胞壁上有许多微孔 ($1 \sim 10 \text{ nm}$), 可允许极小的可溶性分子自由通过, 它可与细胞膜一起共同完成细胞内外的物质交换。(3) 细胞壁上还带有多重抗原决定簇, 决定了细菌菌体的抗原性。

细胞壁的化学结构 细胞壁的化学结构很复杂,主要有肽聚糖,此外还有磷壁酸、脂多糖、脂质与蛋白质等。

肽聚糖是细菌细胞壁的主要成分。肽聚糖(peptidoglycan)又称粘肽(mucopeptide)或胞壁质(murein)。肽聚糖由聚糖骨架、四肽侧链和交联肽桥三部分组成。聚糖骨架是由两种氨基糖即 N-乙酰葡萄糖胺(N-acetylglucosamine)和 N-乙酰胞壁酸(N-acetylmuramic acid)交替间隔排列,经 β -1,4 糖苷键联结而成的聚糖链。四肽侧链连接在胞壁酸上(图 1-3)。相邻聚糖骨架上的四肽侧链又经交联肽桥而相互联结,其联结形式有三种,如图 1-4 所示。A 类型为 D-丙氨酸直接与二氨基庚二酸(diaminopimelic acid, DAP) 联结;B 类型中的“x”代表由多个氨基酸构成的肽桥;C 类型中的“Z”代表多肽桥,包括两个-NH-,如-NH-R-NH-。

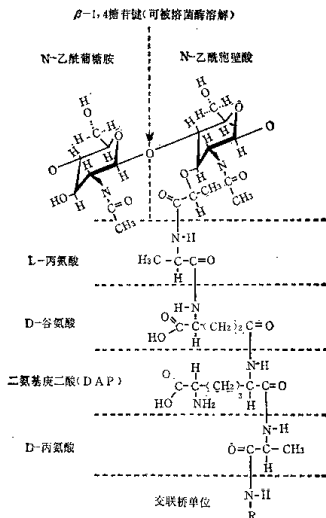


图 1-3 肽聚糖重复单位中一个单位的结构

各种细菌细胞壁的聚糖骨架均相同。但四肽侧链的组成及其交联肽桥的方式则随菌种而异。如金黄色葡萄球菌细胞壁四肽侧链的氨基酸依次为 L-丙氨酸、D-谷氨酸、L-赖氨酸、D-丙氨酸;第三位的 L-赖氨酸通过由 5 个甘氨酸组成的五肽桥连接到相邻聚糖骨架四肽侧链第四位的 D-丙氨酸上,从而形成坚韧的结构(图 1-5B)。但在大肠杆菌、需氧芽胞杆菌、白喉杆菌等细菌的四肽侧链中,第三位的氨基酸为 DAP, DAP 与相邻四肽侧链中的 D-丙氨酸直接连接,没有甘氨酸五肽桥交联(图 1-5A)。肽聚糖是细菌细胞壁的主要成

分,凡能破坏肽聚糖结构或抑制其合成的物质,大多能损伤细胞壁而杀伤细菌。例如溶菌酶(lysozyme)能切断 N-乙酰葡萄糖胺与 N-乙酰胞壁酸之间的 β -1.4 糖苷键,破坏肽聚糖骨架,引起细菌裂解(图1-4)。青霉素能干扰五肽桥与四肽侧链上的 D-丙氨酸之间的联结,使细菌不能合成完整的细胞壁,亦可导致细菌死亡(图 1-5B)。人与动物细胞无细胞壁,故溶菌酶和青霉素对人体细胞均无毒性作用。

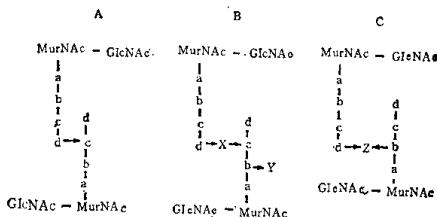


图 1-4 细菌肽聚糖交联桥结构示意图

a: L-丙氨酸; b: D-谷氨酸; c: 二氨基庚二酸 (DAP); d: D-丙氨酸; y: 肽桥, 即取代 D-谷氨酸中的 α -羧基; X 和 Z: 多个氨基酸组成的肽桥。图中 C 类型中的 Z 包含两个 -NH- 末端, 例如 -NH-R-NH-

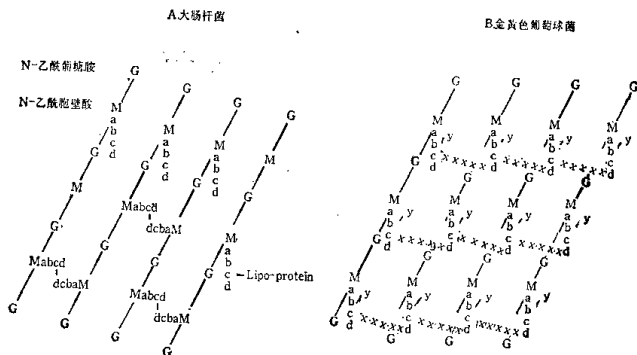


图 1-5 大肠杆菌与金黄色葡萄球菌肽聚糖结构示意图

a, b, d 同图1~4; c 在大肠杆菌中代表二氨基庚二酸(DAP), 在金黄色葡萄球菌中代表 L-赖氨酸; x 代表甘氨酸五肽桥; y 代表 -NH-

肽聚糖是各种细菌细胞壁所共有的基本成分。此外,革兰阳性菌和革兰阴性菌的细胞壁还各有其特殊的成分。

1. 革兰阳性菌的细胞壁 其主要成分为肽聚糖,肽聚糖层数多,约有 15~50 层,厚,结构坚固致密。除肽聚糖外,细胞壁还含有大量磷壁酸(teichoic acid)。磷壁酸按其在细胞